

花柱培養法によるニホンナシの自家および交配不和合反応の品種間差の解析

張 紹鈴・平塚 伸

三重大学生物資源学部 514-8507 三重県津市上浜町 1515

Analysis of Varietal Differences in Self- and Cross-Incompatibility Reactions of Japanese Pears Using Styler Culture Technique

Shao-Ling Zhang and Shin Hiratsuka

Faculty of Bioresources, Mie University, Tsu, Mie 514-8507

Summary

Varietal differences of pollen tube growth among self-, cross-incompatible and cross-compatible pollinations were investigated by *semi vitro* assay using detached styles in Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehd. var. *culta* Rehd.) cultivars.

Among the 52 self-compatible and -incompatible cultivars, the pollen tubes grew in considerably different ways. The percentages of styles with protruding pollen tubes from the basal cut end ranged from 0 to 47. Pollen tubes of 'Shinsetsu', Nihonyamanashi, self-compatible 'Osa-Nijisseiki', and self-compatible strains obtained from 'Osa-Nijisseiki' grew well, and those of 'Okusankitsu', 'Yasato', 'Kikusui', 'Nijisseiki', and 'Kisui' did intermediately, whereas pollen tubes of 'Shinsui', 'Chojuro', 'Kimizukawase', 'Hohsui', 'Kohsui', and 'Kohzo' grew poorly. Similar tendencies were observed when the number of pollen tubes protruding from the basal cut end among cultivars was counted. Generally, pollen tubes of cultivars derived from 'Nijisseiki' grew better than did those of 'Kohsui' and 'Shinsui', indicating that the rate of pollen tube elongation of cultivars is a heritable character.

In cross-incompatible and -compatible pollination combinations, the pollen tubes grew quite differently, depending on the parental combinations. The percentages of styles with protruding pollen tubes from the cut end ranged from 0 to 40 in cross-incompatible combinations, and from 26 to 97 in cross-compatible ones.

By using excised styles shortened to 1/2 or 1/3 of the original length, the percentage of styles with protruding pollen tubes from the cut end improved. The growth of self- and cross-incompatible pollen tubes became much better so that the promotion patterns were classified as follows: 1) tube elongation becomes better as the style is shortened; 2) tube elongation becomes better but there are no differences between 1/2 and 1/3 reduction in style length; 3) pollen tube elongation becomes better only in the 1/3 style length, and 4) no change was found. These differences indicate that the inhibition of pollen tube growth occurs in different parts of the style among respective cultivars.

Key Words: Japanese pear, pollen tube growth, self-incompatibility, style culture, varietal difference.

緒 言

永井(1925)およびKikuchi(1927)は、多数のニホンナシ品種の自家結実率を数年間にわたって調査し、浅見(1935)は多くの研究者が各地で調査した自家受粉後の結実率を報告している。それらの結果をまとめると、良く結実する品種として「晩三吉」、「二十世紀」、「独逸」、「青龍」、「明月」などがあげられる(第1表)。一方、ほとんど結実しない品種としてチュウゴクナシの「ソーリー」、「ヤーリー」およびニホンナシの「長十郎」、「真鍮」、「幸蔵」など

がある。これらの結果は、ニホンナシの自家不和合性の強さに品種間差が存在する可能性を示唆している。一方、結実の良否には不和合性以外に単為結果性や受精後の胚の退化など様々な要因を考慮する必要がある、また、これまでに調査された自家受粉や交配不和合組み合わせでの受粉における結実率は、調査した年によっても異なっている(Kikuchi, 1927; 浅見, 1935)。結実率の年次変動は、永井(1925)が考察しているように開花期の環境の年による差のためと考えられる。

Terami(1937)は、数品種のニホンナシを材料として自家受粉後の花粉管伸長を調査し、品種によって花柱上部で停止するもの、花柱から下方へ2/3程度まで伸長するも

Table 1. Varietal differences in fruit set after self-pollination in the Japanese pear (Data from Asami Y., 1935).

Cultivar	Researcher	Orchard	Tested duration (years)	No. of flowers tested	% of fruit set	Average of fruit set (%)
Okusankitsu	Hoshino	Sapporo	4	229	11.6	15.2
		Chosen	2	95	9.5	
	Kikuchi	Tokyo	1	360	24.7	
		Kanagawa	2	91	5.5	
		Tottori	2	29	27.6	
	Nagai	Okitsu	3	720	18.2	
	Ushigoshi et al.	Fukuoka	4	343	0.9	
Nijisseiki	Kikuchi	Tokyo	2	380	16.3	8.3
		Kanagawa	5	401	8.5	
		Tottori	2	64	3.1	
	Ushigoshi et al.	Fukuoka	3	355	0.0	
Doitsu	Hoshino	Sapporo	2	75	4.0	4.6
	Kikuchi	Tokyo	2	599	4.7	
		Kanagawa	1	38	0.0	
		Tottori	2	50	10.0	
	Ushigoshi et al.	Fukuoka	2	52	1.9	
Seiryu	Ushigoshi et al.	Fukuoka	1	25	4.0	4.0
Meigetsu	Kikuchi	Chosen	2	95	6.3	3.7
		Kanagawa	3	146	2.7	
		Tottori	2	52	11.5	
	Nagai	Okitsu	3	1133	3.4	
	Imori	Fukuoka	1	49	0.0	
Ichiharawase	Kikuchi	Kanagawa	1	24	0.0	3.5
		Tottori	2	62	4.8	
Bartlett ^z	Tufts and Philp Ushigoshi et al.	America	7	7822	3.5	3.4
		Chosen	1	15	6.7	
		Fukuoka	2	140	0.0	
Wasekoso	Kikuchi	Kanagawa	2	110	1.0	3.0
		Tottori	2	88	5.7	
Imamuraaki	Kikuchi	Tokyo	2	405	3.5	1.9
		Kanagawa	3	270	0.0	
		Tottori	2	64	0.0	
Akaho	Kikuchi	Tokyo	2	436	2.3	1.7
		Kanagawa	2	106	1.9	
		Tottori	1	41	2.4	
	Nagai	Okitsu	3	334	0.0	
Kohzou	Kikuchi	Tokyo	2	284	1.8	0.8
		Kanagawa	3	276	0.0	
		Tottori	1	45	0.0	
Shinchuu	Hoshino	Sapporo	4	265	0.8	0.7
	Kikuchi	Tokyo	2	545	0.7	
		Kanagawa	2	163	0.0	
		Tottori	1	45	2.2	
Chojuro	Hoshino	Sapporo	6	285	11.2	0.6
		Chosen	2	95	0.0	
	Kikuchi	Tokyo	6	964	0.0	
		Kanagawa	3	354	0.3	
		Tottori	2	65	0.0	
	Nagai	Okitsu	3	3300	0.0	
	Ushigoshi et al.	Fukuoka	5	435	0.0	
Yali ^y	Ushigoshi et al.	Fukuoka	2	160	0.0	0.0
Tuli ^y	Ushigoshi et al.	Fukuoka	3	285	0.0	0.0

^z European pear.^y Chinese pear.

の、花柱基部で停止するものなどがあることを認めている。ニホンナシの自家不和合性は、花粉管伸長抑制によって受精阻害を起こす配偶体型であり (Terami, 1937), 伸長抑制に関与する主要組織は花柱である (Hiratsuka ら, 1982)。従って、それぞれの品種の花柱内での花粉管伸長を調査することによって、ニホンナシ品種における不和合性の強さの違いを推定できる可能性がある。

花柱内での花粉管伸長は、環境、特に温度の影響を受け易く、正確な花粉管伸長の品種間差を知るためには恒温条件下で実験する必要がある。これまでに、配偶体型自家不和合性の詳細な反応解析において、しばしば恒温条件下での花柱培養法が用いられてきた。例えば、花柱の齡と不和合反応の強さ (Ascher・Peloquin, 1966), 不和合反応に伴う花柱内の数種の酵素活性変化 (Bredemeijer・Blaas, 1975), 不和合反応の生じる受粉後の時間の推定 (Hiratsuka ら, 1989) および不和合反応とカルシウムイオンとの関係 (Kwack, 1965) などが調査され、花柱培養法の有効性が示されるとともに、この方法は不和合反応の解析に多大な貢献をしてきた。ニホンナシにおいてもその有効性が実証され (Hiratsuka ら, 1982), 不和合反応の季節的变化の解析 (Hiratsuka ら, 1985) や温湯処理と不和合反応との関係 (Hiratsuka・Tomita, 1989) についての研究報告がなされている。このように、花柱培養法は不和合反応の解析を行うために極めて有効で簡便な方法と考えられる。

そこで本研究では、ニホンナシ品種の自家および交配不和合受粉後の花粉管伸長を花柱培養法を用いて比較し、不和合性の強さの品種間差異を推定するための調査を行った。

材料および方法

植物材料

実験材料は、第2表に示したように、主にニホンナシ品種を用い、一部セイヨウナシ、チュウゴクナシ品種およ

び野生系統を用いた。花は1996年春に開花約1日前のものを圃場から採集し、以下の実験に供試した。ただし一部の花については、花芽の着生した休眠枝を1996年2月上旬から4月中旬に温室内で加温して開花させて用いた。また受粉に用いた花粉は、開花1日前の蕾から葯を採集し、デシケーター中で開葯、乾燥させた新鮮なものである。
花柱内における花粉管伸長の検定

花柱内での花粉管伸長の調査は Hiratsuka ら (1982) のアッセイ法を用いて行った。すなわち、開花1日前の花の花弁と雄ずいを除いて受粉したあと、ただちに花柱基部で花柱を切り、寒天培地上で培養した (以下、花柱長 1/1 とする)。なお、花柱の各部位における花粉管伸長抑制能力を知る目的で、柱頭から全花柱長の 1/2 および 1/3 の位置で切って短縮した花柱も用い、同様に培養した (以下、それぞれ花柱長 1/2 および花柱長 1/3 とする)。

培地の調整および花柱培養法についても前報 (Hiratsuka ら, 1982) に従って行った。すなわち、10% ショ糖および 100 ppm ほう酸を含む 1% 寒天培地を直径 9 cm シャーレ内に約 10 ml 分注し、培地上に 95% エタノールで洗浄した約 0.2 × 7.0 cm のろ紙を置いた。ろ紙のエタノール洗浄は、ろ紙中に含まれる花粉管生長抑制物質を除去するためである。このろ紙上に受粉した柱頭を乗せ、花柱の切断面が培地に接するように並べ、暗黒条件下で 25℃, 48 時間培養した。なおシャーレは、保湿のために水を含んだポリプロピレン箱に入れた。

培養終了後、0.1% コットンブルーを数滴花柱の切り口付近に滴下して固定・染色し、顕微鏡下で観察した。各交配における花粉管伸長は、花柱切断面から花粉管が出現した花柱の割合および花柱切断面から出現した花粉管数について調査した (第1図)。なお、実験には最低 10 本の花柱を用い、3 反復以上行った。

調査した交配組み合わせ数は、自家受粉が 52, 交配不和合組み合わせが 32, 交配和合組み合わせが 31 であった。交配和合組み合わせは、これまでに知られている不

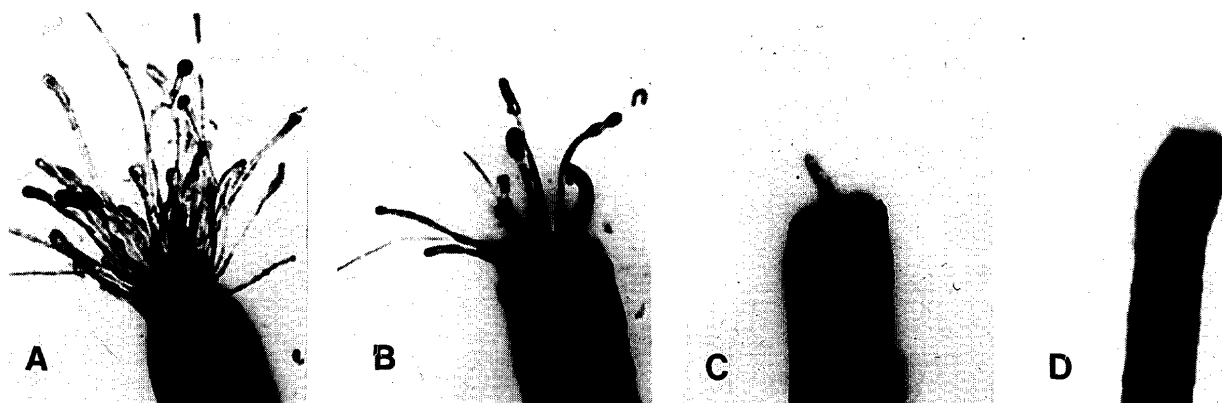


Fig. 1. Excised styles with protruding pollen tubes (A, B and C) and one without protruding tubes (D). Percentages of styles with protruding pollen tubes and the number of pollen tubes which protruded were counted in this experiment.

A: Chojuro × Nijisseiki, B: Shinsetsu × self, C: Yakumo × self, D: Shinsui × self.

Table 2. The Source of cultivars used in the present experiment.

No	Cultivar	S-genotype	Source
1	54S-135 ^x	S ₄ sm S ₄ ^{sm q}	Exp. Farm Tottori Univ.
2	54S-168 ^x	S ₄ sm S ₄ ^{sm q}	Exp. Farm Tottori Univ.
3	54S-213 ^x	S ₄ sm S ₄ ^{sm q}	Exp. Farm Tottori Univ.
4 ^z	Osa ^{wv}	S ₂ S ₄ sm	Exp. Farm Mie Univ.
5 ^z	Shinsetsu	?	Exp. Farm Mie Univ.
6 ^z	Nihonyamanashi	?	Exp. Farm Mie Univ.
7	Bartlett	?	Exp. Farm Mie Univ.
8	54S-102 ^u	S ₄ S ₄ ^{sm q}	Exp. Farm Tottori Univ.
9 ^z	Okusankitsu	S ₅ S ₇	Exp. Farm Mie Univ.
10 ^z	Yasato	?	Mie. Agr. Res. Cent.
11 ^z	Kikusui	S ₂ S ₄	Exp. Farm Mie Univ.
12 ^z	Nijisseiki	S ₂ S ₄	Exp. Farm Mie Univ.
13 ^y	Kisui	S ₄ S ₅	Mr. Matsunaga's orchard, Shizuoka
14	Suisei	S ₁ S ₄	Exp. Farm Tottori Univ.
15	Rokugatsu	S ₂ S ₄	Exp. Farm Tottori Univ.
16	Kiyosumi ^t	S ₄ S ₅	Exp. Farm Tottori Univ.
17	Gion	S ₂ S ₄	Exp. Farm Tottori Univ.
18	Wasekoko	?	Exp. Farm Tottori Univ.
19	Matsukaze	?	Exp. Farm Mie Univ.
20	Seiryu	S ₂ S ₃	Exp. Farm Tottori Univ.
21	Suishu	?	Exp. Farm Tottori Univ.
22 ^y	Shinko	?	Exp. Farm Mie Univ.
23	Ichiharawase	S ₁ S ₅	Exp. Farm Tottori Univ.
24	Miemamenashi	?	Exp. Farm Tottori Univ.
25 ^y	Shinsei	?	Mie. Agr. Res. Cent.
26	Yali	?	Exp. Farm Tottori Univ.
27	Akaho	S ₁ S ₂	Exp. Farm Tottori Univ.
28	Meigetsu	S ₁ S ₅	Exp. Farm Tottori Univ.
29	Doitsu	S ₁ S ₂	Exp. Farm Tottori Univ.
30	Gold ^{sv}	S ₂ S ₄	Mie. Agr. Res. Cent.
31	Yakumo	S ₁ S ₄	Exp. Farm Tottori Univ.
32	Shinchuu	?	Exp. Farm Tottori Univ.
33 ^y	Tuli	?	Exp. Farm Mie Univ.
34 ^z	Imamuraaki	S ₁ S ₆	Exp. Farm Mie Univ.
35	Akemizu	?	Mie. Agr. Res. Cent.
36	Suzuki ^r	?	Mie. Agr. Res. Cent.
37	Chosenmamenashi	?	Exp. Farm Tottori Univ.
38 ^z	Hakko	S ₄ S ₅	Exp. Farm Mie Univ.
39 ^z	Chikusui	(S ₃ S ₄ ?)	Mie. Agr. Res. Cent.
40	Aikansui	S ₄ S ₅	Mie. Agr. Res. Cent.
41	Choju	(S ₂ S ₅ ?)	Mr. Sawai's orchard, Hisai
42 ^y	Shugyoku	S ₄ S ₅	Mie. Agr. Res. Cent.
43	Seigyoku	S ₃ S ₄	Exp. Farm Tottori Univ.
44	Kozo	?	Exp. Farm Tottori Univ.
45 ^z	Kohsui	S ₄ S ₅	Mie. Agr. Res. Cent.
46 ^y	Hohsui	?	Exp. Farm Mie Univ.
47	Kimizukawase	(S ₂ S ₅ ?)	Exp. Farm Tottori Univ.
48 ^z	Atago	S ₂ S ₅	Exp. Farm Mie Univ.
49 ^z	Chojuro	S ₂ S ₃	Exp. Farm Mie Univ.
50 ^z	Shinsui	S ₄ S ₅	Exp. Farm Mie Univ.
51	Ida ^r	?	Mie. Agr. Res. Cent.
52 ^z	Niitaka	?	Exp. Farm Mie Univ.
53	Taihaku	S ₄ S ₅	Exp. Farm Tottori Univ.
54	Waseaka	S ₄ S ₅	Exp. Farm Tottori Univ.
55 ^y	Tama	S ₄ S ₅	Exp. Farm Mie Univ.
56	Shinseiki	S ₃ S ₄	Exp. Farm Mie Univ.

^z Both flowers from cut branches and orchard trees.^y Flowers opened on cut branches.^x Self-compatible progeny of Osa-Nijisseiki × self.^w Osa-Nijisseiki.^v Bud mutant from Nijisseiki.^u Self-compatible progeny of Osa-Nijisseiki × Nijisseiki.^t Bud mutant from Shinsui.^s Gold Nijisseiki.^r Bud mutant from Kohsui.^q S-genotype was established in the previous paper (Hiratsuka et al., 1995).

和合複対立遺伝子が2つまたは1つ異なった品種間の交配とし、不和合組み合わせは、2つの遺伝子が同じ品種間の交配とした(佐藤, 1992; Hiratsukaら, 1995; 1998). なお, S遺伝子型が不明な品種については, 実際栽培で受粉樹や人工交配花粉として使われて明らかに和合である組み合わせのみを, 交配和合組み合わせとして実験に用いた.

結 果

自家受粉後の花粉管伸長の品種間差異

3種類の長さの花柱において, 花柱切断面から花粉管が出現した花柱の割合および花柱切断面から出現した花粉管数は, 品種によって著しく異なった(第2, 3図). 自家和合性の品種と系統は高い割合で花粉管を出現したが, 自家不和合性の‘新雪’やニホンヤマナシもほぼ同程度の出現率を示した. また, これらの品種には若干劣るものの, ‘晩三吉’, ‘八里’, ‘菊水’, ‘二十世紀’, ‘喜水’などは花粉管が花柱を通過しやすい品種であった. これに対して, ‘新水’, ‘長十郎’, ‘君塚早生’, ‘豊水’, ‘幸水’などは花粉管伸長が極めて劣った. 概して, ‘菊水’や‘翠星’など‘二

十世紀’由来の品種は花粉管伸長が良く, ‘幸水’や‘新水’由来の‘井田’, ‘君塚早生’, ‘幸蔵’, ‘長寿’, ‘八幸’などの品種では悪い傾向があった. なお, ‘新高’と‘愛宕’は花粉管伸長が悪い部類に属したが, これらは雄性不稔の傾向がある品種のため(梶浦・佐藤, 1990), 自家受粉で花粉管の伸長が悪い品種とは断定できなかった.

花柱の長さを短縮すると, 概して花柱基部からの花粉管出現率は高まった. ただし, 自家和合性の品種・系統では花粉管の出現率の低下が見られた. 特に, ‘おさ二十世紀’後代の54S-135と54S-102では, 花柱が短くなるに従って花粉管出現率は徐々に低下した. 花柱の長さとは自家花粉管伸長との関係を見ると, 以下の4つのタイプに大別できた(第2図). なお, ()内の数字は図中の品種番号を示す.

1) 花柱を短縮するほど花粉管出現率が高まる品種

(5) ‘新雪’, (9) ‘晩三吉’, (21) ‘水秀’, (32) ‘真鍮’, (41) ‘長寿’, (42) ‘秀玉’, (43) ‘清玉’, (44) ‘幸蔵’, (46) ‘豊水’, (47) ‘君塚早生’, (49) ‘長十郎’.

2) 花柱を短縮すると花粉管は伸長するが, 花柱長1/2と1/3で差の見られない品種

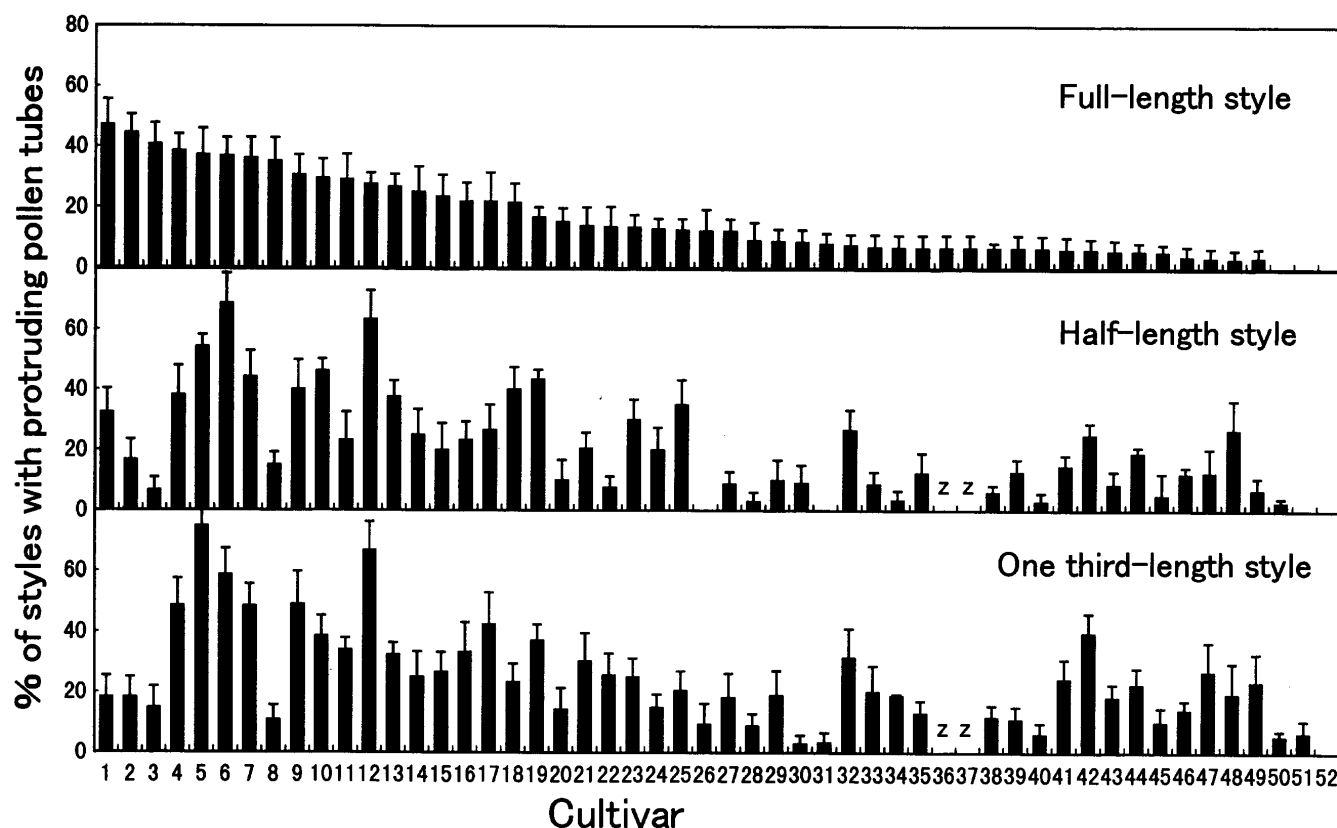


Fig. 2. Varietal differences in percentage of styles with protruding self pollen tubes among full-, half- and one third-length styles. Vertical bars indicate SE. z; Not tested.

1=54S-135; 2=54S-168; 3=54S-213; 4=Osa-Nijisseiki; 5=Shinsetsu; 6=Nihonyamanashi; 7=Bartlett; 8=54S-102; 9=Okusankitsu; 10=Yasato; 11=Kikusui; 12=Nijisseiki; 13=Kisui; 14=Suisei; 15=Rokugatsu; 16=Kiyosumi; 17=Gion; 18=Wasekozo; 19=Matsukaze; 20=Seiryu; 21=Suishu; 22=Shinko; 23=Ichiharawase; 24=Miemamenashi; 25=Shinsei; 26=Yali; 27=Akaho; 28=Meigetsu; 29=Doitsu; 30=Gold Nijisseiki; 31=Yakumo; 32=Shinchuu; 33=Tuli; 34=Imamuraaki; 35=Akemizu; 36=Suzuki; 37=Chosenmamenashi; 38=Hakko; 39=Chikusui; 40=Aikansui; 41=Choju; 42=Shugyoku; 43=Seigyoku; 44=Kozo; 45=Kohsui; 46=Hohsui; 47=Kimizukawase; 48=Atago; 49=Chojuro; 50=Shinsui; 51=Ida; 52=Niitaka

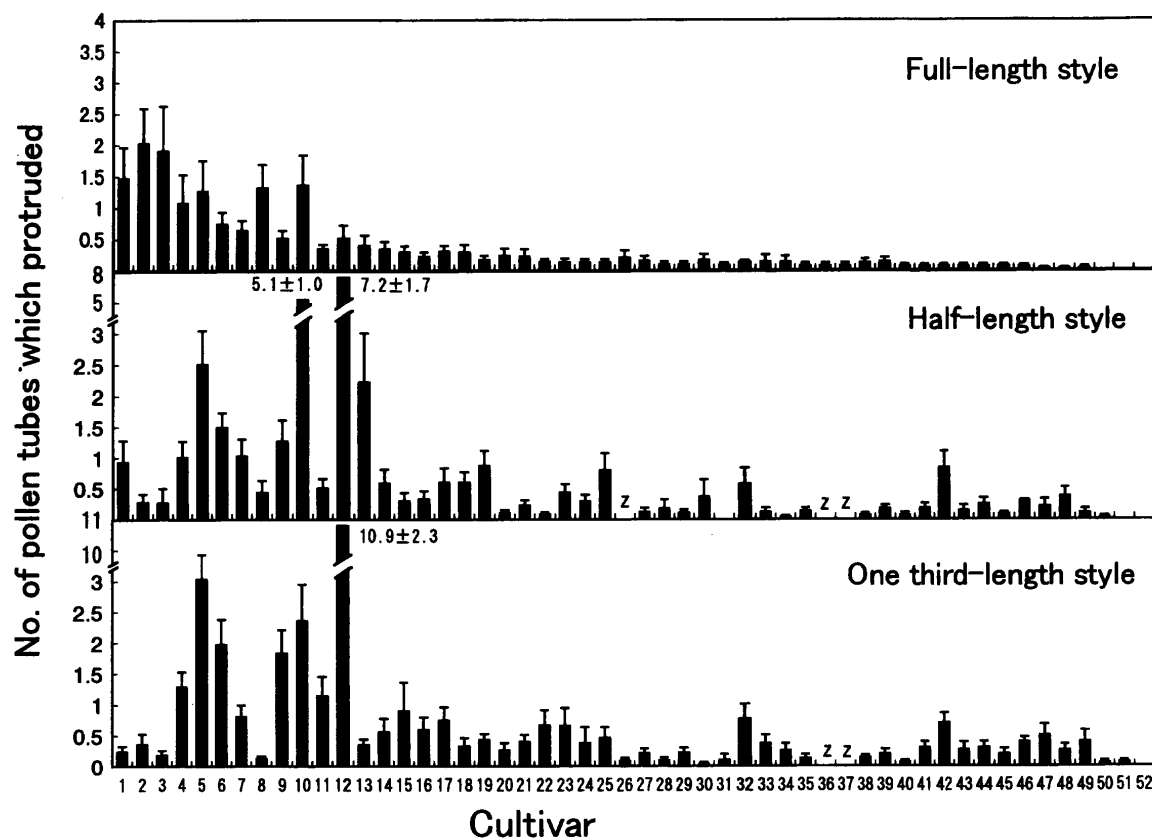


Fig. 3. Varietal differences in the number of self pollen tubes which protruded from full-, half- and one third-length styles. Vertical bars indicate SE. z; Not tested.

Cultivars in the figure correspond to those in Fig. 2.

(6) ニホンヤマナシ, (12) '二十世紀', (19) '松風', (23) '市原早生', (48) '愛宕'.

3) 花柱長 1/1 と 1/2 ではあまり差がないが, 花柱長 1/3 で出現率が急増する品種

(17) '祇園', (22) '新興', (27) '赤穂', (29) '独逸', (45) '幸水'.

4) 花柱を短縮しても花粉管伸長に変化のない品種

(7) 'バートレット', (11) '菊水', (13) '喜水', (14) '翠星', (15) '六月', (20) '青龍', (24) ミエマメナシ.

交配不和合受粉後の花粉管伸長の差異

交配不和合受粉においても, 花粉管が出現した花柱の割合と切断面から出現した花粉管数は, その組み合わせによって大きな差異を示した. 花粉管伸長の良い組み合わせとして, (1) '二十世紀' × '菊水', (2) 'ゴールド二十世紀' × '菊水', (3) '二十世紀' × 'おき二十世紀', (4) 'ゴールド二十世紀' × '二十世紀' など (第4, 5図) があり, '二十世紀' に近縁な品種同士の組み合わせで花粉管が良く伸びる傾向があった. また, 花粉管伸長が極めて悪い組み合わせとして, (32) '幸水' × '多摩', (31) '喜水' × '幸水', (30) '長十郎' × '青龍', (29) '秀玉' × '喜水' など (第4, 5図) があげられ, '幸水' 由来の品種の組み合わせでは花粉管伸長が劣る傾向があった.

花柱を短縮することにより, おおむね花柱切断面から花粉管が出現した花柱の割合は増加し, 自家受粉の場合

と同様に以下のタイプに分類が可能であった (第4, 5図). なお, () 内の数字は図中の組合せ番号を示す.

1) 花柱を短縮するほど花粉管出現率が増加する組み合わせ

(6) '菊水' × '祇園', (7) '二十世紀' × '祇園', (8) '二十世紀' × '六月', (16) '秀玉' × '八幸', (22) '菊水' × 'ゴールド二十世紀', (27) '新水' × '幸水', (29) '秀玉' × '喜水'.

2) 花柱を短縮すると花粉管は伸長するが, 花柱長 1/2 と 1/3 で差の見られない組み合わせ

(1) '二十世紀' × '菊水', (12) '菊水' × 54S-168, (13) '二十世紀' × 54S-102, (21) '菊水' × 'おき二十世紀', (32) '幸水' × '多摩'.

3) 花柱長 1/1 と 1/2 ではあまり差がないが, 花柱長 1/3 で出現率が上昇する組み合わせ

(3) '二十世紀' × 'おき二十世紀', (9) '菊水' × '二十世紀', (11) 'ゴールド二十世紀' × 'おき二十世紀', (19) '早生赤' × '幸水', (23) '八幸' × '幸水', (25) '新水' × '八幸'.

4) 花柱を短縮しても花粉管伸長に変化のない組み合わせ

(2) 'ゴールド二十世紀' × '菊水', (15) '幸水' × '新水', (17) '二十世紀' × 54S-135, (18) '太白' × '幸水', (20) '新水' × '多摩'.

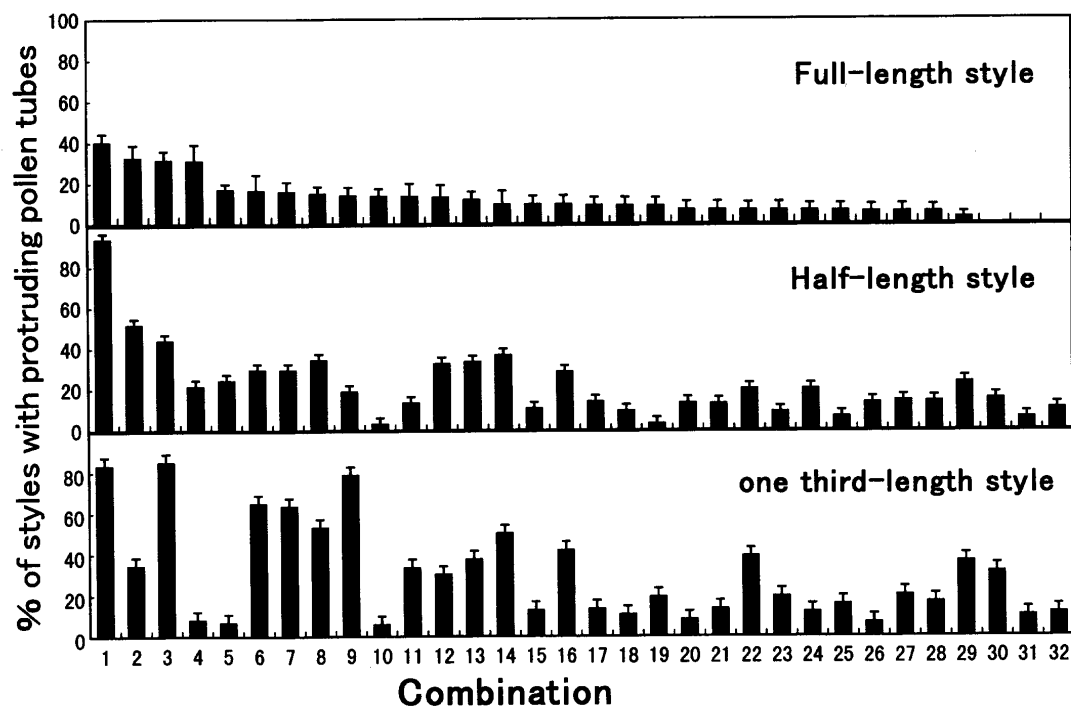


Fig. 4. Varietal differences in percentage of styles with protruding cross-incompatible pollen tubes among full-, half- and one third-length styles. Vertical bars indicate SE.

1=Nijisseiki × Kikusui; 2=Gold Nijisseiki × Kikusui; 3=Nijisseiki × Osa-Nijisseiki; 4=Gold Nijisseiki × Nijisseiki; 5=Kohsui × Kiyosumi; 6=Kikusui × Gion; 7=Nijisseiki × Gion; 8=Nijisseiki × Rokugatsu; 9=Kikusui × Nijisseiki; 10=Kohsui × Hakko; 11=Gold Nijisseiki × Osa-Nijisseiki; 12=Kikusui × 54S-168; 13=Nijisseiki × 54S-102; 14=Kikusui × Rokugatsu; 15=Kohsui × Shinsui; 16=Shugyoku × Hakko; 17=Nijisseiki × 54S-135; 18=Taihaku × Kohsui; 19=Waseaka × Kohsui; 20=Shinsui × Tama; 21=Kikusui × Osa-Nijisseiki; 22=Kikusui × Gold Nijisseiki; 23=Hakko × Kohsui; 24=Chikusui × Shinseiki; 25=Shinsui × Hakko; 26=Seigyoku × Chikusui; 27=Shinsui × Kohsui; 28=Nijisseiki × Gold Nijisseiki; 29=Shugyoku × Kisui; 30=Chojuro × Seiryu; 31=Kisui × Kohsui; 32=Kohsui × Tama.

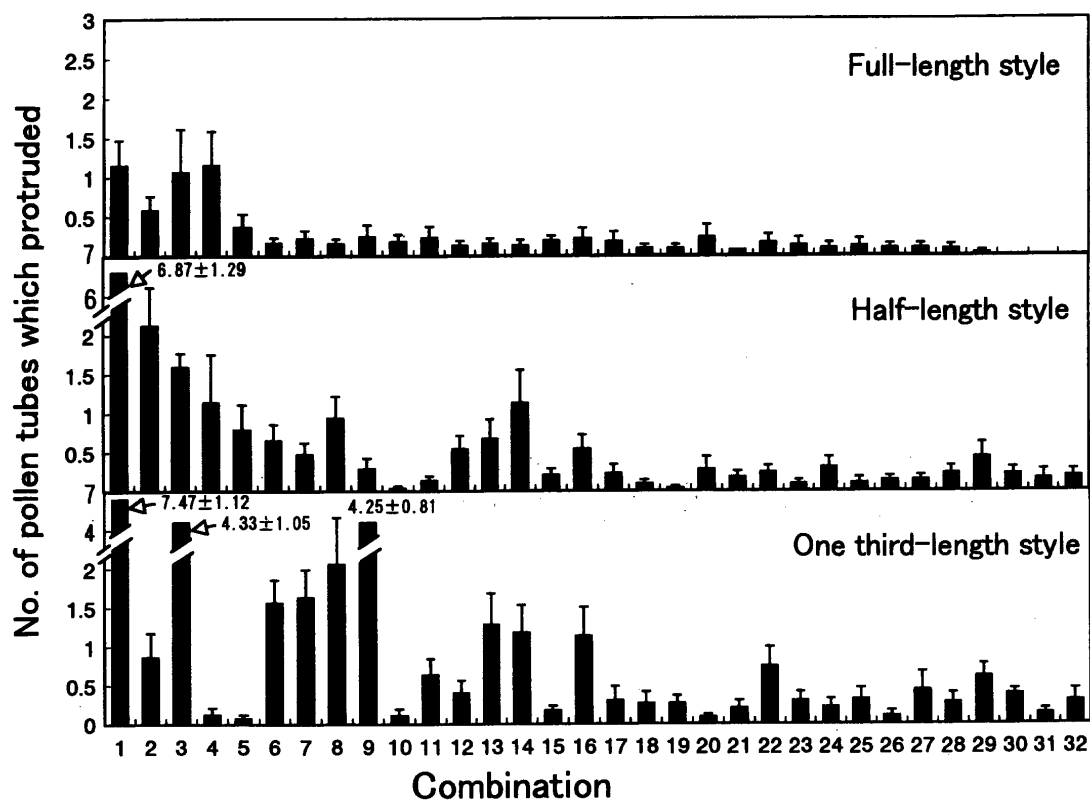


Fig. 5. Varietal differences in the number of cross-incompatible pollen tubes which protruded from full-, half- and one third-length styles. Vertical bars indicate SE.

Combinations in the figure correspond to those in Fig. 4.

このように、交配不和合受粉においても自家受粉と同様の花粉管伸長特性が認められた。

交配和合受粉後の花粉管伸長の差異

交配和合受粉後の花粉管伸長を第6, 7図に示す。花柱長1/1における花粉管伸長は、不和合受粉に比べて極めて良好であった。すなわち、花柱切断面から花粉管が出現した花柱の割合はすべての組合せのうち約1/3の組み合わせで80%以上、半分以上の組合せで60%以上を示した。特に花粉管伸長が優れた組合せには(1)‘菊水’×‘豊水’、(2)‘喜水’×‘菊水’、(3)‘喜水’×‘豊水’、(4)‘ツリー’×‘豊水’など(第6図)があった。しかし、交配和合受粉においても花粉管伸長が極めて悪い組合せが認められた。例えば、(31)‘長十郎’×‘ツリー’では花粉管出現率は30%程度であり、(30)‘筑水’×‘喜水’、(29)‘新星’×‘豊水’、(28)‘筑水’×‘菊水’など(第6図)も40%以下の低い値を示し、これらは‘新雪’、ニホンヤマナシ、‘バートレット’の自家受粉(第2図)や‘二十世紀’×‘菊水’、‘ゴールド二十世紀’×‘菊水’等の交配不和合受粉(第4図)の値とほとんど同じであった。ただし、切り口から出現した花粉管数を比較すると、不和合受粉では最も多い場合でも1.5本以下であった(第3, 5図)のに対し、交配和合受粉の場合は(31)‘長十郎’×‘ツリー’が約0.5本、(30)‘筑水’×‘喜水’が約1本であった以外は、すべての組み合

わせで1.5本以上の高い値を示した(第7図)。このように、交配和合組合せにおいても品種によって花粉管伸長は大きく異なった。しかし、自家受粉や交配不和合受粉で認められたような、‘二十世紀’に近縁な品種の交配で特に花粉管伸長に優れた傾向は認められなかった。

花柱を短縮して花粉管伸長を調査したところ、その結果は不和合交配のものとはかなり異なっていた。花柱を短縮すると、不和合受粉とは逆に概して花粉管伸長が劣る傾向にあり、この傾向は花柱長1/3で特に顕著となった。従って、不和合受粉の場合と同様な分類をすると、それらの項目に該当する組合せはほとんどなく、かろうじて「花柱を短縮しても花粉管伸長に変化のない組合せ」に属する数種類の組合せがあるのみであった。花柱の長さと和合花粉管伸長との関係は、以下のように大別された(第6図)。なお、()内の数字は図中の組合せ番号を示す。

1) 花柱を短縮しても花粉管伸長が変わらない組合せ

(4)‘ツリー’×‘豊水’、(8)‘八幸’×‘豊水’、(13)‘新高’×‘豊水’、(28)‘筑水’×‘菊水’。

2) 花柱を短縮すると花粉管伸長は抑制されるが、花柱長1/2, 1/3で差のない組合せ

(9)‘菊水’×‘八幸’、(10)‘長十郎’×‘八幸’、(14)‘新星’×‘八幸’、(24)‘長寿’×‘明月’、(30)‘筑水’×‘喜水’。

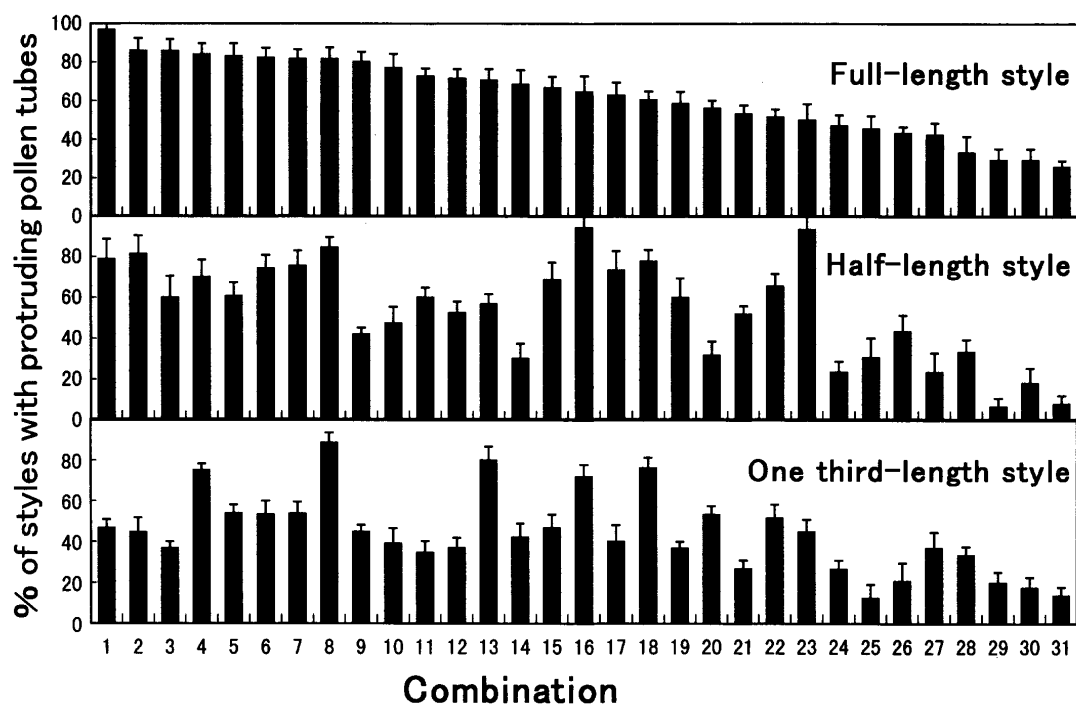


Fig. 6. Varietal differences in percentage of styles with protruding cross-compatible pollen tubes among full-, half- and one third-length styles. Vertical bars indicate SE.

1=Kikusui × Hohsui; 2=Kisui × Kikusui; 3=Kisui × Hohsui; 4=Tuli × Hohsui; 5=Kikusui × Okusankitsu; 6=Kikusui × Shinsei; 7=Atago × Hakko; 8=Hakko × Hohsui; 9=Kikusui × Hakko; 10=Chojuro × Hakko; 11=Niitaka × Hakko; 12=Yasato × Hakko; 13=Niitaka × Hohsui; 14=Shinsei × Hakko; 15=Kohsui × Chikusui; 16=Kohsui × Hohsui; 17=Shinko × Hakko; 18=Osa-Nijisseiki × Kikusui; 19=Chikusui × Hakko; 20=Hakko × Chojuro; 21=Tuli × Chikusui; 22=Chojuro × Kikusui; 23=Tuli × Hakko; 24=Choju × Meigetsu; 25=Chikusui × Hohsui; 26=Chikusui × Tuli; 27=54S-135 × Nijisseiki; 28=Chikusui × Kikusui; 29=Shinsei × Hohsui; 30=Chikusui × Kisui; 31=Chojuro × Tuli.

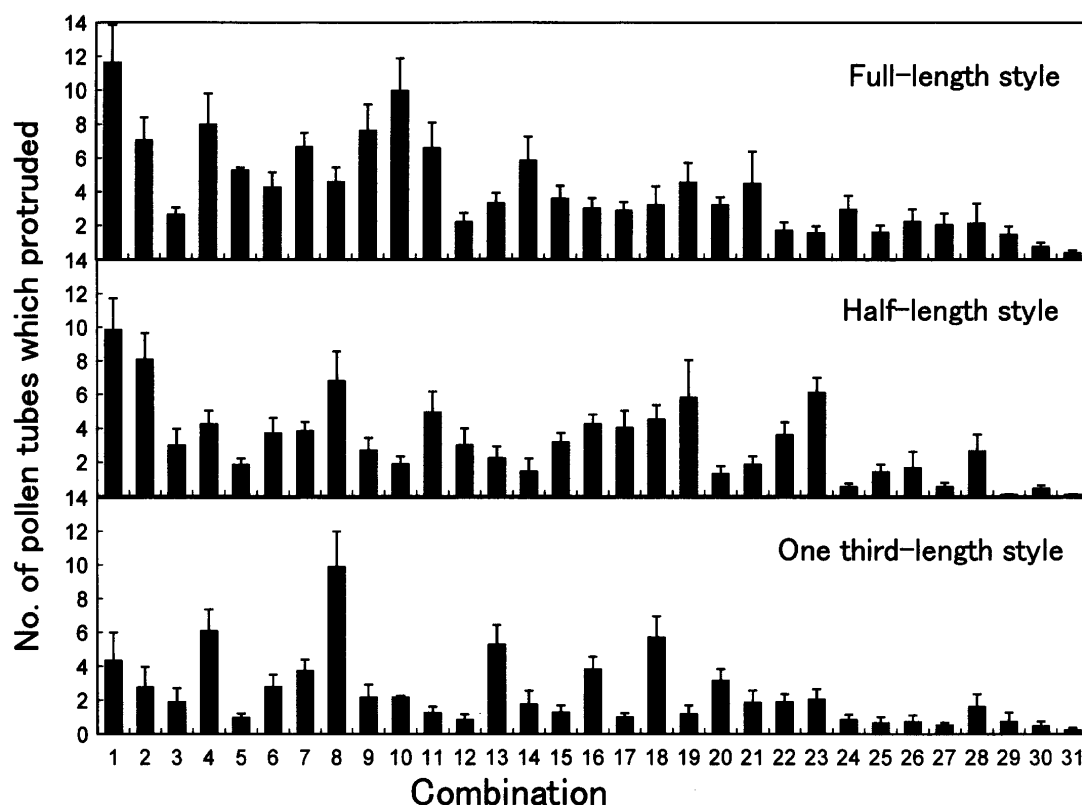


Fig. 7. Varietal differences in the number of cross-compatible pollen tubes which protruded from full-, half- and one third-length styles. Vertical bars indicate SE.

Combinations in the figure correspond to those in Fig. 6.

3) 花柱を短縮するに従って花粉管出現率が減少する組合せ

(1) '菊水' × '豊水', (3) '喜水' × '豊水', (6) '菊水' × '新星', (11) '新高' × '八幸', (12) '八里' × '八幸' などを含めた大部分の組合せ。

考 察

本実験において、ニホンナシの自家受粉後の花粉管伸長は、品種や組合せによって著しく異なることが示された。Terami (1937)はニホンナシ数品種の自家受粉後の花粉管伸長を観察し、伸長停止部位が品種によって異なることを認めている。しかし、圃場での実験であり、花粉管伸長が温度の影響を受けやすい (Hiratsuka ら, 1982) ことを考慮すると、自家受粉における花粉管伸長の品種間差異をより明確にする必要がある。

浅見 (1935)によって示されたニホンナシ品種の自家受粉後の結実率 (第1表) と本実験の自家受粉後の花粉管伸長 (第2, 3図) を比較すると、自家結実する品種は自家受粉後の花粉管伸長が良い傾向にあることが認められた。すなわち、良く結実する品種としては '晩三吉', '二十世紀', '独逸', '青龍', '明月', '市原早生', 'バートレット', '早生幸蔵' があり (第1表), 本実験では 'バートレット', '晩三吉' および '二十世紀' は花粉管伸長が良い品種, '早生幸蔵' と '青龍' は比較的良好な品種に属し, '市原早生', '明月' および '独逸' は中程度の品種であった。一

方, 結実がほとんど認められない品種の 'ツーリー', 'ヤーリー', '長十郎', '真鍮', '幸蔵' (第1表) の花粉管伸長は 'ヤーリー' が中程度, '真鍮' と 'ツーリー' が中よりやや悪い方に属し, '長十郎' と '幸蔵' は極めて悪い品種であった。このように, 本実験の花柱長 1/1 で花粉管伸長の良い品種は, 自家受粉による結実率も高い可能性が示された。'長十郎' の開花時期を 1~8 月まで変えた実験 (Hiratsuka ら, 1985) において, 花柱からの花粉管出現率と結実率との関係が本実験結果の傾向とは異なっていた。この詳細な原因は不明であるが, 開花時期が自然条件とは大幅に異なる場合, 本実験で見られた花粉管伸長と結実率との関係が不明確になる可能性もあると思われる。従って, 花柱培養法による花粉管出現率と結実との相関を示すためには, 今後両者の実験を平行して行って確認する必要がある。

ニホンナシの自家不和合性は, 自家の花粉管を伸長抑制することによる受精阻害であり, 伸長抑制に関与する主要組織は花柱である (Hiratsuka ら, 1982)。このことを考慮すれば, 本実験で認められた自家受粉後の花粉管伸長の品種間差は, それぞれの品種における自家不和合性の強さの品種間差と考えられ, ニホンナシ品種を自家不和合性の強さによっていくつかのグループに分類が可能と思われた。便宜的に, 花柱切断面から花粉管が出現した花柱の割合が 30% 以上を自家不和合性の弱いグループ ('新雪', および自家和合性の品種・系統), 20~30% を

中間グループ(‘晩三吉’、‘八里’、‘菊水’、‘二十世紀’など)および20%以下を強いグループ(‘幸水’、‘豊水’、‘君塚早生’、‘長十郎’、‘新水’など)と分類した。各品種を系統的に見ると、概して‘二十世紀’由来の品種は不和合性が弱く、‘幸水’、‘新水’由来の品種では不和合性が強い傾向があった。このことから、不和合性の強弱は遺伝的なものと推察された。今後、各グループに区分された品種について結実率の調査を行い、不和合性の強さの確認を行う必要がある。

花柱を短縮した際、自家不和合性品種の自家受粉における花粉管出現率は品種によって異なっており、いくつかのタイプに大別できた。これらの品種間差は、花柱内における自家の花粉管伸長を抑制する位置に品種間差がある(Terami, 1937)ためと考えられた。すなわち、花柱を短縮するほど花粉管出現率が高まる品種は、花粉管が花柱内で比較的均一に伸長抑制を受ける品種、花柱を短縮すると花粉管は伸長するが、花柱長1/2、1/3で花粉管出現率に差がない品種は花柱下部が主な抑制部位、花柱長1/3で出現率が急増する品種は花柱中部が抑制部位、そして花柱を短縮しても花粉管伸長に変化のない品種は、主として柱頭に極めて近い組織または花托内に貫入した花柱部や子室壁(‘菊水’、‘バートレット’などの花柱長1/1で花粉管伸長の良い品種)が抑制反応に関与していると考えれば、この現象の説明は可能である。

交配不和合組合せにおいても、その組合せによって花粉管伸長は著しく異なった。ただしこの場合には、‘二十世紀’に‘菊水’、‘祇園’、‘六月’、‘ゴールド二十世紀’などを交配した場合に見られるように、花柱が同一品種でも花粉品種が異なると花粉管伸長が異なった。また、‘二十世紀’と‘ゴールド二十世紀’および‘二十世紀’と‘菊水’などの組み合わせのように、正逆交雑で花粉管伸長にかなり差が認められる場合があった。これらのことから、交配不和合組合せにおいても親和性の強弱の品種間差があるものと考えられた。一方、花柱を短縮することによる花粉管の伸長程度の違いは、自家受粉の場合と同様に分類されたことから、交配不和合性においてもその組み合わせによって花粉管伸長抑制部位が異なるという基本的な自家不和合性の機構があてはまるものと考えられる。

交配和合(第6, 7図)および自家和合受粉(第2, 3図; 品種番号1, 2, 3, 4, 8)では、花柱を切除する方法として長い花柱を用いた方が花粉管伸長(花粉管出現花柱率、出現花粉管数)の良い場合が多かった。この原因については、以下のように解釈された。すなわち、第6図に示したように交配和合受粉の場合は花柱長1/1での花粉管出現花柱率がほとんどの組合せで60%以上と高く、花柱長1/2、1/3での出現花柱率も不和合受粉(第2, 4図)と比べて同程度以上に高かった。つまり、花柱を短縮すると花柱の老化促進や代謝活性の低下が生じ、和合組み合わせでは花柱長1/1の花粉管伸長が優れているため、短縮した花柱での

花粉管伸長が相対的に抑制されて観察されるものと思われる。交配和合受粉(第6図)においても、その組合せによって花粉管出現花柱率は26~97%という大きなばらつきを示した。どのような原因でこういった現象が生じるのかについては、今後の研究に待たなければならないが、ここでは、交配品種間のS複対立遺伝子の共有程度と花粉管伸長との関係について検討してみた。第6図の組み合わせの中で、雌雄品種ともにS遺伝子型が明らかにされている組み合わせを拾い出して集計した結果、品種間で共通遺伝子が多いほど花粉管伸長は劣る傾向を示した。すなわち、共通遺伝子が2個の場合(自家和合品種の自家受粉)の花粉管出現花柱率は $41 \pm 2\%$ (平均値 $\pm$ SE)、1個共通の組合せでは $60 \pm 10\%$ 、共通遺伝子がない場合は $66 \pm 8\%$ となった。

理論的には、片方の遺伝子が共通の場合は半数の花粉が不和合となるため、花粉管の生長量は半減する。このことは、花柱内で先端の肥大した花粉管を計測したHiratsukaら(1991)の結果によって示されている。しかし、柱頭に十分な花粉を受粉すると花柱上部に500本以上の花粉管が侵入することから(データ省略)、半数の花粉が不和合であっても花柱内における花粉管伸長の差異には大きな影響が見られなかったものと思われる。一方、花柱培養法による和合・不和合の判定や不和合性の強弱の推定には、花柱長1/1を使うべきであると結論された。

本実験結果は、花柱培養法による25℃下での品種間の花粉管伸長を比較したものであり、今後異なった温度条件下での調査も必要であろう。なお現在、不和合性の強さの品種間差と花柱内のSタンパク質含量との関係について調査中である。

摘 要

ニホンナシの自家受粉、交配不和合受粉および和合受粉後の花粉管伸長について、花柱培養法によって品種間差を調査した。

自家受粉した場合の花柱内における花粉管伸長は、品種によって著しく異なり、花柱切り口より花粉管の出現した花柱の割合は花柱長1/1で0~47%を示した。花粉管伸長の良い品種として、‘新雪’、自家和合性の‘おさ二十世紀’および‘おさ二十世紀’から得られた自家和合性の系統があった。また、中間的品種として‘晩三吉’、‘八里’、‘菊水’、‘二十世紀’、‘喜水’があり、極めて花粉管伸長の悪い品種には‘新水’、‘長十郎’、‘君塚早生’、‘豊水’、‘幸水’、‘幸蔵’などがあった。概して、‘二十世紀’由来の品種は花粉管伸長が良く、‘幸水’や‘新水’由来の品種では悪かったことから、この性質は遺伝的形質と考えられた。

交配不和合受粉と和合受粉においても、花粉管伸長は用いた組合せによって大きく異なった。花柱長1/1の場合の切り口より花粉管が出現した花柱の割合は、不和合組合せで0~40%、和合組合せで26~97%であった。

花柱長を 1/2, 1/3 に短縮した花柱を用いた場合, ほとんどの受粉区で不和合花粉管伸長は良好となった. 花柱短縮による花粉管伸長は, 品種や組合せによって以下のように大別された. 1) 花柱を短縮するほど花粉管出現率が高まる品種, 2) 花柱を短縮すると花粉管は伸長するが, 花柱長 1/2 と 1/3 で差がない品種, 3) 花柱長 1/3 で出現率が急増する品種, および 4) 花柱を短縮しても花粉管伸長に差がない品種. これらの差は, 品種によって不和合花粉管の抑制部位が異なっているためと推察された.

謝 辞 本研究を遂行するにあたり, 快く実験材料を提供して頂いた鳥取大学農学部田辺賢二教授をはじめとする諸氏, 三重県農技センターの諸氏, 三重県久居市の沢井正義氏および静岡県焼津市の松永喜代治氏に深く感謝の意を表す. 本実験の一部は, 文部省科学研究費 (08660027) の助成によって行なわれた.

引用文献

- 浅見與七. 1935. 果樹園芸学基礎問題解説 (13). 農及園. 10: 229-236.
- Ascher, P. D. and S. J. Peloquin. 1966. Effect of floral aging on the growth of compatible and incompatible pollen tubes in *Lilium longiflorum*. Amer. J. Bot. 53: 99-102.
- Bredemeijer, G. M. M. and J. Blass. 1975. A possible role of a stylar peroxidase gradient in the rejection of incompatible growing pollen tubes. Acta Bot. Neerl. 24: 37-48.
- Hiratsuka, S., E. Takahashi and N. Hirata. 1982. Pollen tube growth in detached styles of Japanese pear, *Pyrus serotina* REHD. J. Palynol. 18: 113-119.
- Hiratsuka, S., M. Hirota, E. Takahashi and N. Hirata. 1985. Seasonal changes in the self-incompatibility and pollen tube growth in Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehd.). J. Japan. Soc. Hort. Sci. 53: 377-382.
- Hiratsuka, S., T. Tezuka and Y. Yamamoto. 1989. Analysis of self-incompatibility reaction in Easter lily by using heat treatments. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 505-508.
- Hiratsuka, S. and A. Tomita. 1989. Incompatible pollen tube growth and protein composition in styles of Japanese pear following high temperature treatments. Euphytica 43: 191-196.
- Hiratsuka, S., Y. Kitoh and J. Matsushima. 1991. Induction of deformed pollen tube tips and their morphological characteristics in self-incompatible Japanese pear. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 60: 257-265.
- Hiratsuka, S., Y. Okada, Y. Kawai, F. Tamura and K. Tanabe. 1995. Expression and inheritance of S-proteins in self-compatible and -incompatible Japanese pears. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 64: 479-484.
- Hiratsuka, S., T. Kubo and Y. Okada. 1998. Estimation of self-incompatibility genotype in Japanese pear cultivars by stylar protein analysis. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 67: 491-496.
- Kikuchi, A. 1927. Self and cross-sterility in the Japanese pear. Mem. Hort. Sci. N. Y. 3: 233-241.
- 梶浦一郎・佐藤義彦. 1990. ニホンナシの育種及びその基礎研究と栽培品種の来歴及び特性. 果樹試報. (特別報 1 号): 231.
- Kwack, B. H. 1965. Stylar culture of pollen and physiological studies of self-incompatibility in *Oenothera organensis*. Physiol. Plant. 18: 297-305.
- 永井計三. 1925. 梨樹授粉試験の成績. 園芸之研究 20: 201-213.
- 佐藤義彦. 1992. ニホンナシの自家和合性品種の育成. 園芸学会平成 4 年度秋季大会シンポジウム講演要旨. p.12-22.
- Terami, H. 1937. Histological, physiological and genetical studies of self- and cross-sterility in the Japanese pear. Studies Hort. Inst. Kyoto Imp. Univ. 2: 1-52.